

## **ИССЛЕДОВАНИЯ В БЕЗЭХОВОЙ КАМЕРЕ**

*Карпов А.Г.*

(г. Екатеринбург, УрФУ, aleksei2011@e1.ru)

## **STUDIES IN ANECHOIC CHAMBER**

*Karpov A.G.*

В современном мире уровень электрификации стремительно растет. И если в какой-то отрасли человеческой деятельности электроника еще отсутствует, то в ближайшие годы электроника будет окружать человека буквально со всех сторон. В таких условиях важно следить за электрическими параметрами окружающей среды и учитывать их влияние на человека и радиоэлектронные устройства. В связи с этим сегодня становятся актуальными соответствующие средства измерения для анализа таких параметров и степени их влияния на работу электроники.

Одним из таких средств для измерения электромагнитных параметров среды является безэховая камера, которая при наличии соответствующего оборудования дает возможность достаточно корректно и точно проводить исследования на электромагнитную совместимость и помехозащищенность широкого круга радиоэлектронных устройств от сотового телефона до узкоспециализированных высокочастотных систем и антенн, а также осуществлять инновационные исследовательские проекты.

Всеми этими возможностями обладают студенты Института радиоэлектроники и информационных технологий, который обладает безэховой камерой отвечающей современным международным стандартам и требованиям, а также всем необходимым новейшим оборудованием.

Безэховая камера института снаружи полностью экранирована, а внутри стены и потолок покрыты радиопоглощающим материалом, что исключает влияние на результаты измерения радиоэлектронных устройств снаружи (например, базовые станции сотовой связи, радиопередаточные станции теле- и радиовещания и т.п.) и влияние внутренних переотражений электромагнитных волн излучаемых исследуемым объектом внутри камеры. Также безэховая камера имеет экранированное помещение, где размещается оператор и необходимое оборудование. Любые провода, проходящие через экранирование снабжены радиочастотными фильтрами, что исключает попадание кондуктивных помех извне в камеру. Камера пригодна для исследований в диапазоне частот от 10кГц до 18ГГц.

Измерения возможно проводить с помощью специальной программы, которая способна управлять радиоизмерительными приборами, генераторами, а также вспомогательным оборудованием, например, мачтой для установки антенн и поворотным столом в безэховой камере. Также программа дает возможность проводить измерения полностью в автоматическом режиме и формировать заключение о соответствии исследуемого объекта стандартам и требованиям, предъявляемым к современным радиоэлектронным устройствам.

Изначально сама камера подлежит проверке на соответствие ее параметров требованиям, источниками которых являются российские и международные стандарты. Безэховая камера прошла необходимые проверки, в результате которых получены заключения о том, что камера соответствует следующим техническим требованиям:

- IEC 61000-4-3;
- EN50147-2;
- ANSI C63.4;
- CISPR 16;
- CISPR 22.

При проведении испытаний немаловажную роль играет соблюдение методик измерения, каждая из которых описана в соответствующем государственном стандарте. Кроме того,

некоторым типам радиоэлектронных устройств соответствуют отдельные государственные стандарты.

При исследовании на помехоустойчивость исследуемый объект помещается в безэховую камеру, где вокруг него с помощью антенны и генератора сигналов создается электромагнитная обстановка, описанная в соответствующем госстандарте. При этом проводится анализ способности к функционированию объекта и проверка корректности его работы. Генератор сигналов может проводить сканирование по частоте в определенном диапазоне радиоволн.

Когда требуется установить соответствие радиоэлектронного устройства требованиям на помехозащиту, в безэховую камеру вместе с исследуемым объектом помещается приемная антенна, соединенная с измерительным приемником, который располагается в помещении оператора. При этом проверяется уровень излучаемой объектом электромагнитной мощности. Исследуемые помехи могут быть как излучаемыми, так и кондуктивными. Для анализа кондуктивных помех создаваемых исследуемым объектом и передаваемых им в сети общего пользования имеются эквиваленты соответствующих сетей. Эквиваленты сетей имеют высокочастотный выход, к которому подсоединяется измерительный приемник для исследования высокочастотных помех в сети.

Также безэховая камера дает возможность исследовать диаграммы направленности антенн. Для осуществления измерений такого рода исследуемая антенна размещается на поворотном столе. Вторая антенна на протяжении эксперимента остается неподвижной. Одна из антенн соединяется с генератором сигналов, другая – с измерительным приемником. По уровню принятого сигнала в зависимости от угла поворота исследуемой антенны строится диаграмма направленности.

Все начальные настройки, а также перенастройки в процессе эксперимента измерительных приборов и генераторов возможно осуществлять программно с использованием персонального компьютера. Для этого используется программа EMC32 Rohde&Schwarz.

Измерения в области высоких и сверхвысоких частот очень сильно зависят от многих факторов окружающего пространства. Например, на результаты измерений могут существенно повлиять расположенные вблизи как предметы из проводящих материалов, которые могут внести дополнительные переотражения, так и предметы из диэлектриков. Поэтому расположение кабелей, антенн и исследуемого объекта при измерениях отражено в государственных стандартах и должно быть описано в отчете о проведенном исследовании с целью повышения повторяемости условий и результатов опыта.

Для получения корректных результатов о характеристиках объекта необходимо учитывать характеристики вспомогательного оборудования, например, затухания в подводящих кабелях, кабельных переходах, сочленениях, а также характеристики используемых в опыте антенн. В этом значительно помогает программа EMC32, которая способна при правильном введении параметров вспомогательного оборудования корректно пересчитать полученные результаты относительно исследуемого объекта. Кроме того, для получения корректных результатов безэховая камера должна иметь параметры, соответствующие требованиям государственных и международных стандартов. К таким параметрам относятся нормализованное затухание в безэховой камере, коэффициент стоячей волны по напряжению, однородность поля в пределах измерительной площадки.

Перед началом исследования радиоэлектронных устройств необходимо проводить проверку данных характеристик безэховой камеры.

Для определения нормализованного затухания камеры были использованы руководства к действия и соблюдены все условия, описанные в ГОСТ Р 51318.16-2008. В безэховую камеру были помещены приемная и передающая антенны, подключенные соответственно к измерительному приемнику ESU40 R&S и генератору сигналов SMF100A R&S. Эксперимент состоит в определении разности уровней передаваемой и принятой мощности в диапазоне частот от 30 МГц до 1 ГГц. Измерения во всем диапазоне частот были повторены для двух поляризаций горизонтальной и вертикальной, для двух значений высот приемной антенны

(1 м и 1,5 м для вертикальной поляризации, 1 м и 2 м для горизонтальной поляризации), для четырех расположений приемной антенны на измерительной площадке. Передающая антенна закреплена на автоматизированной мачте, которая позволяет изменять значение высоты подвеса антенны в диапазоне от 1 м до 4 м, а также позволяет изменять поляризацию антенны. При всех расположениях приемной антенны расстояние между антеннами было сохранено равным 3 м, антенны направлены друг на друга. Для проведения корректного программного пересчета характеристик в программу ЕМС32 были введены антенные коэффициенты используемых антенн. Для исключения влияния затуханий вносимых соединительными кабелями, перед началом измерений приемник и генератор были соединены между собой напрямую этими кабелями. Таким образом, затухание в кабелях было зафиксировано и вычтено программно из полученного затухания при соединении приемника и генератора с антеннами.

Полученные характеристики нормализованного затухания во всем определенном диапазоне частот во всех случаях расположения антенн не отклонились от требуемых значений затухания больше чем на  $\pm 3$  дБ, что соответствует государственному стандарту. Проведение данных измерений позволило получить опыт работы с безэховой камерой и современным оборудованием фирмы Rohde&Schwarz, а также проверить одну из характеристик безэховой камеры на соответствие государственному стандарту.